

最新实用压铸技术

金蕴琳 许宝成

编著

最新实用压铸技术

金蕴琳 许宝成 编著

兵

75249.2

社

兵器工业出版社

最新实用压铸技术

金蕴琳 许宝成 编著
郑 才 许小丹

兵器工业出版社

(京)新登字 049 号

内 容 简 介

本书着重阐述压铸过程原理,铸件的特点,压铸合金、压铸模、压铸机、压铸工艺、压铸零件缺陷。介绍了国内外压铸先进技术和发展动态,压铸机、辅助材料与设备等国内外制造厂商及公司,以及国内外压铸技术标准号和名称。

本书适用于兵器工业,航空工业,汽车摩托车制造业,家用电器,电器仪表及其新产品、新工艺的开发。

本书可作为从事压铸生产工程技术人员,铸造及相关专业工程技术人员、研究人员和有志新产品、新工艺的开发者以及高等院校相关专业师生的参考书及教材。

最新实用压铸技术

金蕴琳 许宝成 编著
郑才 许小丹

兵器工业出版社 出版发行

(北京市海淀区车道沟 10 号)

各地新华书店经销

沈阳科金印刷厂印装

*

开本:787×1092 1/16 印张:9 $\frac{1}{2}$ 字数:234 千字

1993 年 5 月第 1 版 1993 年 5 月第 1 次印刷

印数:1—2500 定价:12.00 元

ISBN 7-80038-677-5/TG·40

前 言

压铸(亦称压力铸造)方法是一种高效益、高效率的少、无切削金属热加工成形工艺方法之一。近20年来,这项技术发展得十分迅猛。目前,压铸零件在各个工业部门的许多产品中已得到广泛的应用。它用于航天航空工业、兵器工业、汽车及摩托车制造业、电器仪表制造业、家用电器制造业以及建筑五金等各种各样的产品中。压铸零件使用的金属原料中铝合金占大半,其次还用锌合金、镁合金及铜合金等。

压铸技术将在铸造技术历史上兴起产业革命。压铸零件应用的范围日益扩大,尤其在上述部门的产品改进及改型换代上。由于压铸零件精度高、体轻、美观、耐用以及节能、低耗、高效益、高效率生产,使产品在向高科技、高技能方向发展,因此,压铸技术已成为现代金属成形工艺领域中的一个重要组成部分。

近20年,由于压铸零件应用的范围日益扩大,尤其是汽车及摩托车制造业的发展,促进了压铸技术的发展,积累了相当多的生产实践经验,并制订了相应的压铸技术标准。为了更进一步推动压铸技术的发展,我们编了这本《最新实用压铸技术》。本书对压铸生产实质做了一定的阐述,对合金压铸件技术条件、压铸合金、压铸模、压铸机以及压铸工艺等部分分别做了介绍;同时书中还叙述了压铸件缺陷形成的原因和改善的措施、压铸工艺的新发展以及计算机在压铸中的应用。

本书是作者近十余年来从事《压铸工艺及模具设计》教学与科研及压铸技术顾问工作的小结。书中理论密切联系实际,提供最新技术信息,着重实际应用;许多内容来源于近10余年的生产实际和研究成果。全书体系新颖、重点突出、内容丰富、概念清晰、精练、通俗易懂。本书适用于航天航空工业、兵器工业、汽车与摩托车制造业、电器仪表制造业及家用电器制造业等的产品生产及新产品的开发。本书是从事上述工业生产部门的工程技术人员的实用手册,亦可作为铸造专业科研人员、高校师生和有志于新产品、新技术开发者的参考书以及压铸专业教学用书。

本书共九章。其中绪论、第一、二、三及九章由金蕴琳编写,第四、五、七及八章由许宝成编写,第六章由郑才编写,许小丹描绘了书中的插图,并参加了编校工作,全书由金蕴琳审校。

在本书收集资料和编写过程中,得到了中国铸造协会压铸专业委员会副主任宋才飞高级工程师、王玉玮教授,沈阳工业学院李文彬教授、王雨时副教授、张健副所长以及许多高等院校、科研单位和工厂等的大力支持,均为本书提供了许多宝贵资料和有益的意见,在此谨向这些单位和先生表示衷心感谢。

由于我们水平所限,书中难免有缺点和错误,请读者批评指正。

编著者

1992年12月

目 录

绪论	(1)
§ 0—1 压铸的实质	(1)
§ 0—2 压铸的优缺点及应用范围	(1)
§ 0—3 压铸的发展概况	(3)
第一章 压铸过程原理	(9)
§ 1—1 压铸压力	(9)
§ 1—2 压铸速度	(11)
§ 1—3 充型过程的理论	(13)
第二章 铸件设计	(16)
§ 2—1 铸件结构工艺特定要求	(16)
§ 2—2 铸件结构特点	(20)
§ 2—3 铸件技术条件	(26)
第三章 压铸合金及其选择	(36)
§ 3—1 压铸合金化学成分和力学性能	(36)
§ 3—2 压铸合金的选择	(39)
§ 3—3 压铸合金的熔炉与熔剂	(41)
§ 3—4 压铸合金的熔炼工艺	(44)
第四章 压铸模	(48)
§ 4—1 压铸模的结构	(48)
§ 4—2 压铸模技术条件	(48)
§ 4—3 压铸模设计的基本原则	(51)
§ 4—4 设计步骤及主要内容	(52)
§ 4—5 分型面	(53)
§ 4—6 浇注、排溢系统的设计	(62)
第五章 压铸机	(94)

§ 5—1 压铸机的型式和基本参数	(94)
§ 5—2 压铸机的主要结构	(94)
§ 5—3 压铸机的选用	(98)
§ 5—4 国内外压铸机制造厂商及公司	(103)
第六章 压铸工艺	(110)
§ 6—1 压铸工艺参数	(110)
§ 6—2 压铸用涂料	(114)
§ 6—3 铸件清理	(120)
第七章 压铸零件缺陷	(122)
§ 7—1 常见缺陷分析及其改善措施	(122)
§ 7—2 铸件缺陷的检验	(124)
第八章 压铸新技术	(126)
§ 8—1 铝合金熔化—保温炉	(126)
§ 8—2 压铸工艺的新进展	(126)
§ 8—3 双压射冲头压铸	(128)
§ 8—4 半固态压铸	(129)
§ 8—5 水基压铸涂料	(131)
第九章 计算机在压铸中的应用	(132)
§ 9—1 压铸中应用计算机是一大变革	(132)
§ 9—2 压铸自动化	(133)
§ 9—3 微型计算机测试系统	(134)
附录 有关压铸标准目录	(138)
主要参考文献	(139)

绪 论

§ 0—1 压铸的实质

压铸的实质是使熔融状态或半熔融状态合金浇入压铸机的压室,随后在高压的作用下,以极高的速度充填在压铸模的型腔内,并在高压下使熔融合金冷却凝固成形的高效益、高效率的精密铸造方法。

高压力和高速度是压铸时熔融合金充填成型过程的两大特点,也是压铸与其他铸造方法最根本的区别之所在。压铸时常用的压射比压在几兆帕至几十兆帕范围内,甚至高达 500 MPa;充填速度在 0.5—120 m/s 范围内;充填时间很短(与铸件的大小、壁厚有关),一般为 0.01—0.2 s,最短仅有千分之几秒。此外,压铸模具有很高的尺寸精度和很低的表面粗糙度。由于具有以上所述特点,使得压铸件的结构、质量和有关性能、压铸工艺以及生产过程都具有自己的特征。

§ 0—2 压铸的优缺点及应用范围

1. 压铸的优缺点

与其他铸造方法相比较,压铸有如下的优点:

(1)铸件的尺寸精度和表面光洁度很高。铸件的尺寸精度为 IT12—IT11;表面粗糙度一般 R_a 为 3.2—0.8 μm ,最低达 0.4 μm 。因此,一般压铸件可以不经过机械加工或仅是个别部位加工即可使用。

(2)铸件的强度和表面硬度较高。由于压铸模的激冷作用,又在压力下结晶,因此,压铸件表面层晶粒较细,组织致密。所以表面层的硬度和强度都比较高。压铸件的抗拉强度一般比砂型铸件高 25%—30%,但延伸率较低。表 0—1 为不同铸造方法铝、镁合金的机械性能。

表 0—1 不同铸造方法铝合金、镁合金的机械性能

合金种类	铸造方法 机械性能	压力 铸 造			金 属 型 铸 造			砂 型 铸 造		
		抗拉强度 kN/m ²	延伸率 %	硬度 HB	抗拉强度 kN/m ²	延伸率 %	硬度 HB	抗拉强度 kN/m ²	延伸率 %	硬度 HB
铝硅合金		2000~2500	1~2	84	1800~2200	2~6	65	1700~1900	4~7	60
铝硅合金(含 Cu0.8%)		2000~2300	0.5~1.0	85	1800~2200	2~3	60~70	1700~1900	2~1	65
铝合金		2000~2200	1.5~2.2	86	1400~1700	0.5~1.0	65	1200~1500	1~2	60
镁合金(含 Al10%)		1900	1.5	—	—	—	—	1500~1700	1~2	—

(3)可以压铸形状复杂的薄壁铸件。由于压铸零件形成过程始终是在压力作用下充填和凝固,对于轮廓峰谷、凸凹、窄槽等都能清晰的压铸出来。压铸出最小壁厚,锌合金为 0.3mm;

铝合金为 0.5 mm。铸出孔最小直径为 0.7 mm。铸出螺纹最小螺距 0.75 mm。对于形状复杂,难以或不能用切削加工制造的零件,即使产量小,通常也采用压铸生产,尤其当采用其他铸造方法或其他金属成形工艺难以制造时,采用压铸生产最为适宜。

(4) 生产率极高。在所有的铸造方法中,压铸是一种生产率最高的方法。这主要是由压铸过程的特点决定的,且随着生产工艺过程机械化、自动化程度进一步发展而提高。一般冷室压铸机平均每班可压铸 600~700 次,热室压铸机可压铸 3000~7000 次,适合于大批量的生产。每一次操作循环一般为 10 s~1 min,并且可以实现一模多腔的工艺,其产量倍增或多倍增。与其他铸造方法比较,压铸还节约甚至完全省去了零件的机械加工工时和设备。有的资料介绍,采用一台压铸机生产某批零件,可以节省 15~60 台金属切削机床。

(5) 可省略装配操作和简化制造工序。压铸生产时,可嵌铸其他金属或非金属材料零件以便提高压铸件的局部强度,满足某些特殊要求(如耐磨性、绝缘性、导磁性等),及改善铸件结构的工艺性。压铸既可获得形状复杂、精度高、尺寸稳定、互换性好的零件,又可以镶嵌压铸,代替某些部件的装配和简化制造工序,改善压铸件的工作性能,因此,节能省耗。

任何一种工艺方法都不是十全十美的。压铸也尚存一些缺点有待解决,主要是:

(1) 由于液体合金充型速度极快,型腔中的气体很难完全排除,常以气孔形式存留在铸件中。因此,一般压铸件不能进行热处理,也不宜在高温条件下工作。这是由于加热温度高时,气孔内的气体膨胀,导致压铸件表面鼓包,影响质量与外观。同样,也不希望进行机械加工,以免铸件表面显露气孔。

(2) 压铸的合金类别和牌号有所限制。模具材料目前只适用于锌、铝、镁合金的压铸,而铜合金压铸时,模具使用寿命短的问题已突出;对于黑色金属压铸,由于黑色金属熔点高,压铸模具使用寿命短,故目前黑色金属压铸难于实际生产。但近年来,正在研究试验半固态金属压铸新工艺,将为黑色金属压铸开辟新的途径;至于某一种合金类别中,仅限于几种牌号可以制造压铸件,这是由于压铸时的激冷、产生剧烈收缩、成型的充填条件等原因造成的。

(3) 压铸的生产准备费用较高。这是由于压铸机的成本高,压铸模加工周期长、成本高。如国产 J1113 型 1250 kN 通用压铸机,大约 10~12 万元/台,进口的大约 10~20 万美元/台;一般的压铸模制造费 2~10 万元/具,进口模具价格更昂贵。如沈乐满热水器产品中的本体压铸件的压铸模日方供货价格为 20 万美元/具。而且压铸机生产效率高,故压铸只适用于大批量生产。

2. 压铸的应用范围

压铸是近代金属加工工艺中发展较快的一种高效率、少无切削的金属成型精密铸造方法。与其他铸造方法比较,由于压铸的生产工艺流程短、工序简单而集中,不需要繁多的设备和庞大的工作场地,铸件质量优、精度高、表面光洁程度好,可以省略大量的机械加工工序、设备和工时;金属的工艺出品率高,节省能源、节省原材料等优点,所以压铸是一种“好、快、省”高经济效益的铸造方法。这种工艺方法已广泛的应用在国民经济的各行各业中,如兵器、汽车与摩托车、航空航天产品的零部件以及电器仪表、无线电通信、电视机、计算机、农业机具、医疗器械、洗衣机、电冰箱、钟表、照像机、建筑装饰以及日用五金等各种产品的零部件的生产方面。目前生产的一些压铸零件最小的只有几克,最大的铝合金铸件重量达 50 kg,最大的直径可达 2 m。

压铸零件的形状有多种多样,大体上可以分为六类:

- (1)圆盘类——号盘座等；
- (2)圆盖类——表盖、机盖、底盘等；
- (3)圆环类——接插件、轴承保持器、方向盘等；
- (4)筒体类——凸缘外套、导管、壳体形状的罩壳、上盖、仪表盖、深腔仪表罩、照像机壳与盖、化油器等；
- (5)多孔缸体、壳体类——汽缸体、汽缸盖及油泵体等多腔的结构较为复杂的壳体(这类零件对机械性能和气密性均有较高的要求,材料一般为铝合金),例如汽车与摩托车的汽缸体、汽缸盖；
- (6)特殊形状类——叶轮、喇叭、字体由筋条组成的装饰性压铸件等。

目前,压铸广泛的用于有色合金的压铸件。由于压铸工艺的特点,使用的合金要求结晶温度范围小、热裂倾向小以及收缩系数小的压铸铝、锌、镁及部分铜的合金。至于黑色金属的压铸由于尚缺乏理想的耐高温模具材料,尚处于研究试验阶段。在有色合金的压铸中,铝合金占比例最高(约30%~60%),锌合金次之。在国外,锌合金铸件绝大部分为压铸件。铜合金比例仅占压铸件总量的1%~2%。镁合金铸件易产生裂纹,且工艺复杂,故慎用。铝、锌合金压铸的零件主要范例如表0—2。

表0—2 铝、锌合金压铸的零件范例

压 铸 的 零 件 范 例				
铝 合 金			锌 合 金	
曲柄箱	引擎盖	变速箱	化油器本体	浮筒室盖
托架	外盖	手把	浮筒室本体	浮筒室本体
双筒望远镜本体	缝纫机机臂	机床之臂	油泵本体	托架
录音机零件	钓具	喇叭环	汽车仪表	建筑用品
仪器用台架	放映机	电梯踏阶	农机具用零件	门把
			阀体	汽车用装饰品
			喇叭环	汽车用后视镜座
			灯体	汽车用门把
			家用电器	打火机外壳
			领带夹	装饰品
			洗衣机	杯

综上所述,压铸零件的应用范围很广泛。压铸的确是很有发展前途的工艺方法之一。目前扩大应用范围,主要趋势是发展大型压铸件生产、承力零件压铸生产、压铸生产自动化、黑色合金压铸以及研制熔点高、耐热疲劳、抗热裂倾向好的模具材料,延长压铸模具服役寿命等。上述诸方面,国内外均进行了大量的工作,并取得了一定的成果。压铸是高效益、高效率,很有发展前途的铸造方法,在改革开放,发展高科技应用于生产实际的形势下,压铸必将取得更迅速的发展,更进一步扩大其应用范围,在国民经济发展中必将发挥出越来越大的作用。

§0—3 压铸的发展概况

1. 压铸简要历史

压铸的起源众说不一,但据文献报导,最初用于压铸铅字。早在1822年,威廉姆、乔奇(Willam Church)博士曾制造一台日产1.2~2万铅字的铸造机,已显示出这种工艺方法的生产潜力。1849年斯图吉斯(J. J. Sturgiss)设计并制成第一台手动活塞式热室压铸机,并在美国

获得了专利权。1885年默根瑟勒(Mersenthaler)研究了以前专利,发明了印字压铸机,开始只是用于生产低熔点的铅、锡合金铸字,到19世纪60年代用于锌合金压铸零件生产。压铸广泛用于工业生产还只是本世纪初,应用于现金出纳机、留声机和自行车的产品生产中。1904年英国的法兰克林(H. H. Franklin)公司开始用压铸方法生产汽车的连杆轴承,开创了压铸零件在汽车工业中应用的先例。1905年多勒(H. H. Doehler)研制成功用于工业生产的压铸机、压铸锌、锡、铜合金铸件。随后瓦格纳(Wagner)设计了鹅颈式气压压铸机,用于生产铝合金铸件。

1927年捷克工程师约瑟夫·波拉克(Jesef Pfolak)设计了冷压室压铸机,由于贮存熔融合金的坩埚与压射室分离,可显著地提高压射力,使之更适合工业生产的要求,克服了气压热压室压铸机的不足之处,从而使压铸技术向前推进了一大步。铝、镁、铜等合金均可采用压铸生产。由于整个压铸过程都是在压铸机上完成,因此,随着对铸件的质量、产量和扩大应用的需求,已对压铸设备不断提出新的更高的要求,而新型压铸机的出现以及新工艺、新技术的采用,又促进压铸生产更加迅速地发展。例如,为了消除铸件内部的气孔、缩孔、缩松,改善铸件的质量,出现了双冲头(或称精、速、密)压铸;为了压铸带有镶嵌件的铸件及实现真空压铸,出现了水平分型的全立式压铸机;为了提高压射速度和实现瞬时增加压射力以便对熔融合金进行有效地增压,以提高铸件的致密度,而发展了三级压射系统的压铸机。又如,在压铸生产过程中,除装备自动浇注、自动取件及自动润滑机构外,还安装成套测试仪器,对压铸过程中各工艺参数进行检测和控制。它们是压射力、压射速度的显示监控装置和合型力自动控制装置以及电子计算机的应用等。

近40年,随着科学技术和工业生产的进步,尤其是随着汽车、摩托车以及家用电器等工业的发展,又从节能、节省原材料诸方面出发,压铸技术已获得极其迅速的发展。压铸生产不仅在有色合金铸造中占主导地位,而且已成为现代工业的一个重要组成部分。近年来,一些国家由于依靠技术进步促使铸件薄壁化、轻量化,因而导致以往用铸件产量评价一个国家铸造技术发展水平的观念发生了根本改变;而用技术进步的水平作为衡量一个国家铸造水平的重要依据。

从世界范围和我国情况来看,铝合金压铸件应用的范围日益广泛。由于压铸工艺和技术的发展,又使压铸件在有色金属铸件生产中所占的比例日益增多。1943年世界铝铸件年产量为253万t,占铸件总产量的3.28%;到1988年世界铝铸件年产量已达366万t。占铸件总产量中的比例已增至7.12%。在世界先进工业国家,铝合金铸件的重量比均已超过10%。有关国家铝合金铸件产量占铸件总产量之比(1988年)见表0—3。

表0—3 有关国家铝合金铸件产量占铸件总产量之比(1988年)

国 名	铝合金铸件产量(万 t)	占本国铸件总产量(%)
美 国	105.5	10
日 本	91.9	12.4
西 德	45	11.1
意 大 利	39.2	10.1
法 国	22.5	10.1

世界上生产铝合金铸件最多的国家是美国,1988年产量105.5万t,占世界铝合金铸件产量的28.7%。美国铝合金压铸件产量占铝合金铸件中的66%,其产值所占的比例还要大。

2. 国内外压铸发展趋势

(1) 国内压铸发展概况

国内压铸生产自建国以来,随着国民经济的发展而得到广泛采用。本世纪 50 年代就开始生产有较高水平的压铸零件。例如公差只有 $\pm 0.14\text{ mm}$ 的汽车化油器及公差也只有 $\pm 0.14\text{ mm}$ 的 9000 r/s 航空工业中的叶轮与叶片等。本世纪 60 年代初设计制造了合型力为 6300 kN 卧式冷室压铸机。1992 年阜新压铸机厂设计制造了合型力为 16000 kN 卧式冷室压铸机。我国现已拥有 6500 余台压铸机,其中国产的台数占总台数的 82%。其次是从意大利、捷克、德国、日本、美国和加拿大等国进口的设备。国产压铸机从一般小型到 5000、6300、8000、10000、12500 及 16000 kN 的大型压铸机均有生产。它标志着我国大型压铸机的设计、制造技术已具备国际水平。

近年来,由于改革开放的方针、汽车、摩托车和航空工业等产品配套零件的需求,以及在节能、节省原材料的政策扶植下,相当多的拖拉机、电子工业、家用电器及建筑五金等产品中铸件精化改为压铸件,致使我国压铸件的产量有了大幅度增加,具有年产 13.5 万 t 压铸件的生产能力。在压铸技术与生产发展的过程中,也形成了一支拥有 3 万余人的科研与生产队伍。全国压铸行业基本情况,据 1992 年 11 月我国压铸协会统计的汇总见表 0—4。

压铸同精锻、粉末冶金等工艺方法均是我国“八五”期间推荐的节能、节材工艺方法之一。党的十四大深入改革开放、发展社会主义市场经济的方针,而且轿车、摩托车工业、家用电器业的飞跃发展,压铸业走向国外市场,为压铸技术的发展提供了广阔的前途。这就要求从业人员加速提高生产技术和经营、管理水平,提高人员素质,降低成本,以增加市场竞争的能力,使我国压铸业立足于世界之林。

(2) 国外压铸技术概况

国外压铸技术发展的趋势:计算机在压铸生产中应用日益增多;压铸机向大型化发展;高科技已进入压铸工艺;延长压铸模服役寿命等。

① 计算机在压铸生产中应用日益增多。如美国的一些工厂,利用计算机模拟为用户分析压铸件设计中的一些问题,并指出如何改进。又如日本有 100 多个压铸计算机模拟系统,用于日常的设计工作,并开发出铸件缺陷数理统计软件,用于质量控制与管理。先进工业国家已普遍使用微机控制压铸。计算机已用于铝合金精炼效果的测定及几何尺寸等无损检测。切割浇口和打磨的机器人也开始使用,其程序可与 CAD/CAM 一体化。采用机器人组成的工作站使其适应各种批量的铸件生产实践,已取得一定的效果。压铸柔性加工系统已投入生产实践。它包括自动压铸、自动喷涂、自动浇注及自动取件机械手等;有的还包括切边、校正压铸机和铸件形成情况检查装置,如意大利 Itallpress 公司以 5000 kN 型压铸机为主的柔性自动系统、联邦德国 Reis 公司的 REIS-ROBOTH15 型压铸浇铸用智能机器人等。在 1989 年联邦德国杜塞尔多夫的 GIFA 国际铸造博览会上展出了 181 个压铸柔性工作系统。

② 压铸机向大型化发展。压铸机生产技术发达国家包括意大利、德国和瑞士等国。压铸机生产的趋势向大型化发展。西欧工业发达国家的压铸企业,目前使用的大型压铸机合模力一般是 25~28 MN。大部分用在汽车工业产品的生产中。最近意大利还生产了 35 MN 的大型压铸机,机身长 20 m,重 300 t,压射铝合金重量 80 kg。据制造厂提供:在厂内第一次空载试验测得的最大合模力是 40 MN;因而,可在 60 MPa 压力下浇注投影面积为 6500 cm² 的铸件;压铸机的压射系统包括一台与压射缸分离,独立的增压缸,由行程终端的接触器控制或通过测试压射

表 0—4 我国压铸行业基本情况

省 市	厂点	专业 人员	压铸 工人	压铸场地 m ²	压 铸 设 备 (台)				压 铸 件 年 产 量 (t)			
					国产	进口	合计	其中进口 500t 以上	铝	锌	铜镁	合计
上 海	107	176	6328	50812	456	108	564	13	14500	4294	364	19158
广 东	67	146	3420	29680	224	85	309	5	7800	6720	—	14520
江 苏	78	245	2160	37400	307	32	339	15	6778	1946	366	9090
辽 宁	38	106	820	12100	136	26	162	3	6492	1278	—	7770
浙 江	39	103	1230	23640	149	33	182	2	4450	1644	560	6654
湖 北	18	60	670	17600	102	12	114	3	1891	2835	770	5496
四 川	57	200	1500	25000	219	33	252	6	3967	1240	25	5232
吉 林	21	120	770	17000	104	22	126	5	2854	1798	168	4820
北 京	35	92	485	10280	121	18	139	3	2568	2024	50	4642
湖 南	46	65	907	24000	135	5	140	3	2614	1237	16	3867
山 东	40	95	733	19570	149	22	171	5	2873	1160	—	4033
天 津	24	62	406	8620	58	39	97	13	3074	758	48	3880
河 南	22	66	491	9013	79	11	90	3	2325	619	4	2948
河 北	11	32	420	6676	50	6	56	5	2315	585	—	2900
福 建	16	22	260	4350	71	2	73	—	2010	1160	—	3170
陕 西	52	150	862	23634	190	43	233	6	1825	590	Mg120 Cu25	2560
黑龙江	25	80	430	9000	80	12	92	1	1574	377	11	1962
江 西	25	48	482	6170	117	10	127	4	1638	560	2	2200
安 徽	15	26	242	5746	49	4	53	—	845	339	300	1484
贵 州	7	50	198	8400	44	13	57	2	1040	285	20	1345
山 西	12	26	121	3120	46	4	50	2	570	386	—	956
广 西	12	30	320	4800	53	1	54	1	648	216	—	846
内 蒙	6	6	74	1350	11	1	12	1	295	250	—	545
甘 肃	10	40	225	4312	48	2	50	—	587	119	—	706
云 南	10	17	68	2400	30	4	34	—	340	5	—	345
新 疆	9	5	16	1240	17	2	19	—	25	107	—	132
宁 夏	2	4	18	500	4	1	5	—	72	48	—	120
青 海	4	24	500	6	—	6	—	100	16	—	116	
合 计	807	2076	23680	166913	3055	551	3606	101	76070	32596	2849	111515
		0.57 名 (每台压机)	6.56 名 (每台压机)	46.3M ² (每台压机)	84.7 %	15.3 %	100 %		68.22 %	29.23 %	2.55 %	100 %

注:1992 年我国压铸协会统计的部分资料汇总,全国压铸机拥有量约为 6500 台

缸内压力的升高来控制;压射冲头二级压射的最大速度为 7 m/s ,三级压射的增压建压时间为 30 ms ;压铸过程由可程序的电器柜控制,并配有电视屏幕直接显视各种数据,集成软件可进行生产数据的统计分析,通过一台有两个活动臂的三轴龙门吊系统,来实现其取件、清除毛边、压铸模涂料等自动化生产。

③ 高科技已进入压铸工艺。1989年10月,由北美压铸协会(MADCA)在圣路易斯组织举行的第15届国际压铸年会和1991年在美国密执安州底特律市召开的第16届国际压铸会议和展览会上,已经显示出高科技已进入压铸工艺。据两届会议讨论情况与有关资料介绍,当今压铸工艺概况如下:

a. 由于压射结束时间是最影响压铸过程的一个变量,因此,补偿压射控制系统,有利于保证获得优质铸件的生产。而液压和压射速度是控制合金充填的主要工艺参数。压铸机的监测系统对于压力和压射速度的变化应能清楚的以图表显示,在实际操作中应尽量接近理想的压射曲线。

平均填充时间为 $20\sim 30\text{ ms}$,压射系统必须能够在 $2\sim 3\text{ }\mu\text{s}$ 内控制速度,压力连续变化,使冲头随控制速度动作,从而完成无边无射、低速压实。在这方面,国外采用了闭合的压射结束时间控制系统。

b. 努力消除铸件气孔。生产无气孔铸件是压铸业的一个目标。因此,怎样在充填压铸模的型腔前消除空气卷入压射是十分重要。用水模拟实验证明,对于冷室压铸机,浇铸参数对铸件气孔的增加或减少有明显的影。其中,压室直径、慢压射速度、压室充满度(%)、快压射速度开始位置、浇注速度、压射延迟时间等是影的主要因素。同时,压射中起始波浪前位置、压射中卷入压室的气穴数量和类型、每个气穴的体积、压室中压射曲线峰值的发生、压室中起始波浪的力量(或无)等因变量亦是影的因素。

国外有的试验结果表明,起始波浪的形成会明显影响压射中卷入压室空气的体积。为了尽量减少空气紊流或卷入压室,建议在起始波浪形成方向朝压射方向时,冲头开始运动。若保持恰当的压射速度,空气紊流或卷入现象则可以消除,目标是压射延迟时间持续尽可能短。

c. 现代化的熔铝工艺。现代化的熔炼与保温炉的要求是:熔炼性能好,热效率高,燃料消耗少,氧化造成的熔损小;金属炉料质量好且洁净;装料、温控、燃料消耗监测等皆自动化;维修要求低、容易检修;在噪音与污染方面符合环保规定。

国外的竖式熔炼炉与传统的反射炉相比,熔炼费用相差30%,熔铝并加热到 $716\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,能耗仅为 150 kWh/t 。国内颜氏竖式熔铝炉已在沈阳汽车发动机厂投入使用。

d. 厚壁铸件压铸工艺的改进。由于高速充填以及压室与压铸模型腔润滑剂产生的气体,使铸件形成气孔,特别是厚壁铸件气孔加疏松,显著的降低了致密性和质量。为了提高铸件凝固过程的补缩效率并有利于气体的排除,苏联使用了具有扇形内浇口系统的压室。其内浇口厚度等于铸件的平均壁厚,延长来自压室金属的补缩时间,最大限度的利用压铸机的压力,使铝合金 A512 铸件获得致密的组织,废品率减少 $3/5$ 。

e. 发展镁合金压铸技术。由于国外对镁合金铸件的需求增加,除对现有压铸车间增加生产能力以外,正在研究废料的处理、镁合金液的运送以及改进镁合金铸件的质量。无熔剂处理法是处理镁合金铸件废料的新方法,据悉质量较好,实验数据表明可与熔剂处理方法相竞争。

④ 延长压铸模服役寿命。模具寿命取决于模具钢的成分,热处理状态、钢材本身的均质

性、非金属杂质含量、晶粒度和初生碳等因素。模具钢的延性和韧性,对模具防止热裂和龟裂十分重要。延性高可推迟热疲劳裂纹,疲劳强度高可阻止龟裂的发生。

目前,国外较普遍采用 H-13 制造压铸模,美国 AISI 规定的压铸模钢化学成分:0.35% C,0.30% Mn,1.00% Si,5.00% Cr,1.00% V,1.50% Mo。国外提出一种测量初生碳体积百分比的方法——普通光学金相显微方法。研究了各种冷却速率对模具钢显微组织和韧性的影响,结果表明,H-13 钢到温度 1073 °C 时就停止晶粒生长,韧性明显较高。试样快速冷却可避免晶粒边界碳析出,并获得较多数量的马氏体。

国内曾有人研制 4Cr5MoV1Si 钢代替现国内常用的 3Cr2W8V 钢制作压铸模,将模具寿命由原来的 2 万次左右开裂,延长到 25 万次以上,实际上就是采用了美国 H-13 钢的化学成分,参照日本 SKD61 钢的熔炼及模具制作工艺和国内的经验试制而成。

第一章 压铸过程原理

压铸过程是利用高压、高速度,迫使浇入压铸机压室内的熔融或半熔融状态金属在极短的时间内充满压铸模的型腔。在这样的充填条件下,虽然金属压铸模的导热性很高,蓄热能力很强,液态金属与压铸模的热交换强度很大,但能在压铸模型腔内获得形状完整、轮廓清晰、尺寸精度和表面光洁程度很高的铸件。

压铸过程有三种主要现象:其一压入;其二熔融合金液流动;其三冷却凝固。完成压铸过程有三大要素:一是熔融或半熔融状态金属;二是压铸模;三是压铸机。压铸压力、压铸速度是压铸过程主要的工艺参数。

§ 1—1 压铸压力

1. 压铸压力

压铸压力一般用压射力、比压表示。压射力是由压铸机的规格所定。它是压铸机的压射机构推动压射冲头的力,可用下式计算:

$$P_r = P_G \frac{\pi D^2}{4} \quad (1-1)$$

式中 P_r ——压射力(kN);

P_G ——压射缸内的工作压力(当无增压机构或增压机构未工作时,即为管道中工作液的压力)(Pa)。

D ——压射缸的直径(m)。

对于增压机构工作时,压射力为:

$$P_r = P_{Gz} \frac{\pi D^2}{4} \quad (1-2)$$

式中 P_{Gz} ——增压时压射缸内的工作压力(Pa)。

压射比压是压室内熔融合金单位面积上所受的压强,其值可用下式计算:

$$P_b = \frac{P_r}{F} = \frac{4P_r}{\pi d^2} \quad (1-3)$$

式中 P_b ——压射比压(Pa);

F ——压射冲头(或压室)截面积(m²);

d ——压射冲头(或压室)直径(m)。

由式(1-3)可知压射比压与压射力成正比,而与压射冲头截面积成反比,或与压射冲头直径平方成反比。因此改变压射比压可以通过调整压射力或压射冲头的直径(压室内径)实现。

压铸过程中,作用在熔融合金上的压力不是一个常数。它是随着时间——压铸过程的不同阶段而变化。在具有增压器三级压射机构,熔融合金在压室与压铸模型腔中运动情况,压力变化曲线如图1-1。熔融合金所受压力变化分四个阶段:

第 I 阶段:慢速封孔阶段。压射冲头以慢速向前移动,熔融合金在较低压力 P_d 的作用下推向内浇口。慢速是为了防止熔融合金在越过压室浇注孔时溅出和有利于压室中气体的排出,减少熔融合金卷入气体。此时压力 P_d 只用于克服压射缸内活塞移动和压射冲头与压室之间的摩擦阻力,熔融合金被推到内浇口附近。

第 II 阶段:充填阶段。二级压射时,压射活塞开始加速;并由于内浇口处的阻力而出现小的峰压,熔融合金在压力 P_c 的作用下,以极高的速度在很短时间内充填型腔。

第 III 阶段:增压阶段。充填型腔结束时,熔融合金停止流动,由动能转变成冲击压力。压力急剧上升,并由于增压器开始工作,使压力上升至最高值,这段时间极短,一般为 $0.02 \sim 0.04$ s,称为增压建压时间。

第 IV 阶段:持压阶段,亦称压实阶段。熔融合金在最终静压力 P_j 作用下冷却凝固,以得到组织致密的铸件。由于压铸时铸件的凝固时间很短,因此,为实现上述的目的,要求压铸机构在充型结束时,能在极短的时间内建立最终压力,使得在铸件凝固之前,压力能够顺利地传递到型腔中去。所需最终静压力 P_j 的大小取决于铸件的壁厚及复杂程度、合金的性能及对铸件的要求,一般为 $50 \sim 500$ MPa。

由上述可知:在压铸过程中,作用在熔融合金上的压力以两种不同的形式和作用出现。其一是熔融合金流动过程中的流体动压力,作用主要是完成充填及成型过程;其二是在充填结束后,以流体静压力形式出现的最终压力(其值明显的大于动压力),它的作用是对凝固过程中的合金进行“压实”。最终压力的有效性,除与合金的性质及铸件结构的特点有关外,还取决于内浇口的形状、大小及位置。实际上,由于压铸机压射机构的工作特性各不相同,以及随着铸件结构形状不同,熔融合金充填状态和工艺操作条件不同,压铸过程压力的变化曲线也会各不同。

为了提高铸件的致密性,增大压射比压无疑是有效的。但是过高比压使压铸模受熔融合金流强烈地冲刷和增加合金粘模的可能性,降低压铸模的使用寿命。因此,应根据合金种类、铸件特点等选择合适的压射比压。一般常选用的比压可参考表 1-1。

表 1-1 压铸各种合金铸件的计算压射比压

比 压 (MPa) 合金种类	铸件结构 特点	铸件壁厚 ≤ 3 mm		铸件壁厚 $> 3 \sim 6$ mm	
		铸件复杂程度		铸件复杂程度	
		简单的	复杂的	简单的	复杂的
锌合金		20~30	30~40	40~50	50~60
铝合金		25~35	35~45	45~60	60~70
镁合金		30~40	40~50	50~60	60~80
铜合金		40~50	50~60	60~70	70~80

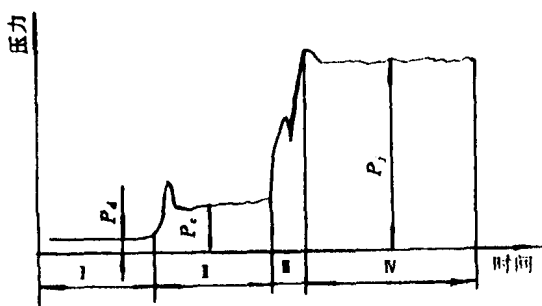


图 1-1 压铸过程中压力的变化曲线

2. 影响压力的因素

影响压力的因素很多其中最主要的有:机器的结构性能、蓄压器的工作状况、机器工作液的性质和温度以及浇注系统的形状和尺寸等。现将这些因素对压力的影响叙述如下:

(1)蓄压器中气体与工作液体之比:当蓄压器中压力一定时,作用于熔融合金上的压力,随着蓄压器中气体(一般为氮气)体积与工作液体积之比的减少而急剧下降,因为液体不可压缩,蓄压器中的液体压力是借气体的膨胀和压缩而获得的。因此,在压铸过程中要保持一定的压力或在一定的范围内变化,就要控制蓄压器中的气体体积与工作液体积的比值,使它不致于因二者比值相差太大而影响铸件质量。

(2)工作液:若蓄压器中的工作液性质不稳定,随温度的变化而剧烈的变化,将使压射时压力不稳定,因为压力是由泵通过工作液的传递而来的,如果工作液在温度升高时,迅速变得很稀薄,甚至析出大量气体,压射时被压缩;或工作液在温度降低时粘度迅速增大,均使工作液体压力损耗增大。因而对工作液有一定的要求:

①工作液中不应含空气($<0.025\%$)、蒸气及其他容易气化的杂质,以免出现气泡影响工作的平稳;

②不腐蚀机件,不损伤密封填料;

③在工作条件下,粘度变化不应太大,粘度变高会增加阻力,变低会增加泄漏;

④在工作条件下,润滑性能良好,有一定的油膜强度;

⑤机械杂质少;

⑥能满足安全防火的要求。

(3)冲头与压室之间的摩擦:压射冲头与压室间的间隙过小,则增加摩擦,冲头与压室间的间隙过大,则在压射时合金液被挤入,卡住冲头,因而也会增大摩擦阻力,降低压力。

压铸压力在生产过程中要受到上述主要因素的影响,因而在生产过程中,对上述因素应严格控制一定范围内,借以保证铸件质量。理论计算的比压由于受到设备的影响(例如机器管路安排、压射冲头与压射缸的摩擦等因素)与实际比压亦有一定差距。一般冷压室压铸机的实际比压等于计算比压乘以压力损失折算系数 K , K 值参见表1-2。

表 1-2 压力损失折算系数 K

条 件	K 值		
	>1	$=1$	<1
直浇道导入口截面积 F_1 与内浇口截面积 F_2 之比(F_1/F_2)	>1	$=1$	<1
立式冷压室压铸机	0.66~0.70	0.72~0.74	0.76~0.78
卧式冷压室压铸机	0.88	0.88	0.88

§ 1-2 压铸速度

1. 压铸速度

压铸速度有压射速度和充填速度两个不同的概念。所谓压射速度是指压铸时压射缸内液压推动压射冲头前进的速度;充填速度是指熔融合金在压力作用下,通过内浇口导入型腔的线速度。充填速度的主要作用是将熔融合金在凝固之前迅速输入型腔,是获得轮廓清晰、表面光洁的铸件重要因素。此外,为了得到高的流体动压力,也需要高的充填速度。